Environment Canada | Environnement Canada

Canadian Forestry Service | Service canadien des forêts

MINI-COMPUTER PRODUCTION OF GRIDDED ELEVATION DATA FROM CONTOUR MAPS

P. H. Kourtz
Petawawa National Forestry Institute

PI-X-18

Environment Canada | Environnement Canada
00502721 DEST PVM EXCH COPY 03
SD 391 I5613
VOL ISS 18
INFORMATION REPORT PI-X- (PETAWAWA NATIONAL FORESTRY INSTITUTE)

PETAWAWA NATIONAL FORESTRY INSTITUTE

The Petawawa National Forestry Institute was formed on April 1, 1979, as the result of an amalgamation of the former Petawawa Forest Experiment Station, which had existed for more than 60 years, with the Ottawa-based Forest Management and Forest Fire Research institutes.

In common with the rest of the Canadian Forestry Service, the Petawawa National Forestry Institute has as its objective the promotion of better management and wiser use of Canada's forest resource to the economic and social benefit of all Canadians. Because it is a national institute, particular emphasis is placed on research into problems that transcend regional boundaries or that require special expertise and expensive equipment that cannot be duplicated in CFS regional establishments. Such research is often performed in close cooperation with staff of the regional centres or provincial forest services.

Research at the institute is in two main areas:

FIRE RESEARCH AND REMOTE SENSING. Every year in Canada large areas of productive forest are destroyed by fire. Research concentrates on studies of forest fire behaviour, the development of new methods of fire control, the evaluation of fire-fighting equipment and retardants, and the development of computerized fire management systems that are rapidly finding applications with fire-fighting agencies across the country. The environmental and economic impact of forest fires and the use of fire as a silvicultural tool for intensive forest management are also studied.

In remote sensing, investigations are made into the application of modern satellite and airborne remote sensing systems to forestry problems. In this respect, the ARIES digital image analysis system is proving invaluable.

INTENSIVE FOREST MANAGEMENT. As Canada moves into more intensive management of its forests to meet expected increases in demand for this important resource, the role of this program will become increasingly important. An extensive reforestation program will require a steady supply of high-quality seed of the desired species. Improved growing stock, obtained through tree breeding and forest genetics research, is highly desirable. Increased emphasis is being placed on using the entire above-ground portion of the tree (biomass), but the effect on the environment of this and other forms of intensive management has to be carefully monitored. Biotechnological methods of improving yield while maintaining site productivity are being investigated.

In support of its research programs, the institute has at its disposal a 98-km^2 area of forest in the northern part of the Petawawa military reserve. Records of experiments and sample plots have been maintained since the 1920s. The forest also serves as a field laboratory for students from local schools, and a visitor centre is operated during the summer months.

84- 3104 /

MINI-COMPUTER PRODUCTION OF GRIDDED ELEVATION DATA FROM CONTOUR MAPS

Information Report PI-X-18

P.H. Kourtz

Petawawa National Forestry Institute
Canadian Forestry Service
Department of the Environment
1982

©Minister of Supply and Services Canada 1982
Catalogue No. Fo46-11/18E
ISSN 0706-1854
ISBN 0-662-12218-6

Additional copies of this publication can
be obtained from

Technical Information and Distribution Centre
Petawawa National Forestry Institute
Environment Canada
Chalk River, Ontario
K0J 1J0

Telephone 613 589-2880

Cette publication est aussi disponible en français sous le titre Obtention de cote altimétriques carroyées à partir de cartes en courbes de niveau au moyen d'un mini-ordinateur.

Contents

1 Abstract/Résumé

1 Introduction

3 The elevation extraction process

3 Program to read the scanner tape
3 Program to extract labelled contours
6 Program to establish a 50-metre elevation grid

7 Calculation of slopes and aspects

8 Discussion

8 References

Figures

2 1. An original map section and its corresponding contour template
4 2. A map block ready for the contour labelling process
5 3. A magnified portion of a map block showing labelled and unlabelled contour segments. The solid line indicates the lines labelled while in the current mode. The series of widely spaced points crossing horizontally near the centre of the picture is a previously labelled line. The two dense sets of points at the bottom of the picture have yet to be labelled
6 4. Search order for a line proceeding in the northeast direction
7 5. Elevation interpolation procedure

MINI-COMPUTER PRODUCTION OF GRIDDED ELEVATION DATA FROM CONTOUR MAPS

Abstract

This report describes an inexpensive alternative for producing gridded elevation data that avoids the costly process of manually tracing each contour with a digitizer. Instead, a scanning densitometer is used to automatically scan contour templates containing only black contour lines on a transparent background. These templates, used in the map printing process, are available for every mapsheet at a cost of about $35. The binary output from the scanner is displayed on a computer graphics display, where an operator assigns an elevation to each contour. Once a contour has been labelled, the program automatically extracts the associated contour polygon. A separate program produces a grid of interpolated elevation points from which slopes and aspects can be computed.

Résumé

Ce rapport décrit une solution de rechange économique pour calculer des cotes altimétriques carroyées en évitant le traçage manuel et coûteux de chaque courbe de niveau au moyen d'un numérisateur. Au lieu de cela, on utilise un densitomètre à balayage pouvant lire automatiquement des gabarits qui ne portent que des courbes en noir sur fond transparent. Ces gabarits, employés dans l'impression de cartes géographiques, sont disponibles pour chaque coupure de carte et coûtent environ 35 $. Les données binaires du lecteur sont affichées en infographie, puis l'opérateur attribue une altitude à chaque courbe de niveau. Une fois la courbe ainsi "cotée", le logiciel extrait automatiquement son polygone. Un autre logiciel produit un carroyage de cotes altimétriques interpolées à partir desquelles on peut calculer les pentes et les expositions.

INTRODUCTION

Future forest fire management systems will require the support of computerized geographic databases containing forest fuel type, terrain, and cultural information. Information must be stored in a format that will enable fast computer access to either specific geographic points or rectangular areas. The data will be stored in layered form, point by point, each point representing a specific geographic area (e.g. 50 metres square) and each layer representing a database theme such as forest cover or terrain elevations. This storage method will be used rather than a polygon storage scheme because of the high geographic variability of the data, the fast overlay and access times, the relatively low cost of modern bulk storage devices, and the current lack of computing power in mini-computers required to manipulate polygons. Such databases will form the foundation for fire growth modelling, fire-line construction modelling, and decision-making regarding initial attack.

In the past, Canadian gridded elevation data have been obtained by manually digitizing existing contour maps and converting the resulting labelled contour polygons to elevation arrays (Travis et al. 1973). The commercial cost of this process exceeds several thousand dollars per 1:50000 map sheet, or about one dollar per 50 ha, which is too high for forest fire use.

An inexpensive alternative for producing gridded elevation data has been developed. Instead of manually tracing

P.H. Kourtz is a research scientist at the Petawawa National Forestry Institute.

Manuscript approved for publication: May 1982.

Figure 1. An original map section and its corresponding contour template

each contour with a digitizer, a scanning densitometer is used to automatically scan contour templates. The scanner produces binary data, a series of 0's and 1's, with each 1 representing part of a contour line. Data are stored on magnetic tape, transferred to a mini-computer and displayed on a graphics terminal, where an operator assigns an elevation to each contour line. The program then automatically extracts the contour polygon. Once all the contours have been labelled and extracted, a grid of interpolated elevation points is produced.

A drum scanner operated by the Lands Directorate, Environment Canada, is used to reduce the contour templates to a binary array of 0's and 1's. The contour template, which contains only black lines on a transparent background (Fig. 1), corresponds to a 1:50000 mapsheet covering an area of 30 min latitude and longitude. The templates, used in the map-printing process, are available from the Surveys and Mapping Branch of the Department of Energy, Mines and Resources (EMR) for every mapsheet, for a cost of about $35. The scanner's resolution is about 100 points per centimetre, which results in a ground resolution of about 5 m per point. The scanner's resolution is such that a typical contour line is several points wide.

The scanner uses a vertical column scan. A template is placed on the scanner so that north-south scans of the map are made. Each column scan is 8 resolution elements wide and, for each row of the column, an 8-bit byte is stored on tape. The resolution unit, or bit, is '1' if the column element scanned contains a portion of a contour line; otherwise, it is '0'. A typical mapsheet scan uses 1000 columns that contain 5500 rows of 8-bit bytes per column.

The scanning process takes about 10 min for a cost of about $20. The scanner stores the output data on magnetic tape in a format that can be read by most mini-computers. For an average eastern Canadian mapsheet, the tape will contain about 44 million binary numbers.

THE ELEVATION EXTRACTION PROCESS

Three computer programs have been written to generate a grid of elevation points from binary contour data. The programs are written in Fortran 77 on a Digital PDP-11, 16-bit mini-computer. The programs are designed to read and compress the scanner's binary data, to display, label, and extract the contour polygons, to produce a uniform 50 m grid of elevation points, and to determine the slope and aspect of every grid point.

Program to read the scanner tape

The final ground resolution selected for the database is 50 m; the scanner output corresponds to about 5 m. Experimenting with different degrees of data reduction has shown that systematic deletions of rows and columns of bits cause the number of touching contours to increase dramatically. Because the method for automatic contour line extraction depends on having a 0 between the contour line being traced and the adjacent lines, the amount of manual editing required sharply increases as rows and columns are dropped. Time trials have shown that it is significantly better to work with full resolution data in the contour extracting stage rather than spend operator time editing touching lines.

Many-data compression schemes for disk storage were tried. The best scheme, in terms of storage reduction and ease of computer decoding, consists of storing the contents of a map in two very long vectors comprised of a series of 512-byte records. The first vector contains row-wise distances between non-zero bytes. Because a single byte is reserved for each such distance, the maximum distance permitted is 128. The second vector contains the corresponding original non-zero byte. If 128 rows are encountered without a non-zero byte, a 0 is stored in the second vector's corresponding byte. In a separate table, each byte column's starting 512-byte record number and its position within this record are stored. This scheme enables an original map containing 44 million bits to be compressed into less than 1 million bytes.

A Tektronix 4014 graphic terminal is used to display the contour map. This device has a display 28 cm high and 35 cm wide with a graphics resolution of 1024 columns and 780 rows. In order to display the full map resolution, and to reduce internal memory requirements the map is partitioned into blocks containing 978 bit-level rows and columns. This corresponds to a 5-km square, or 100 50 m units across on the ground. Each map has about 48 such blocks. The programs to label and extract the contours (TERRA) and to interpolate the elevations (ELEVATE) use a single specific block of map data at any one time.

Program READ reads the original scanner data, compresses it, and stores it on the disk. In the scanning process, a considerable amount of data is acquired outside the bounds of the actual map. Program READ permits a user to specify rectangular bounds of an area to be stored, thus conserving storage space. The actual location of the map within the data is found by trial and error, using the display feature of program TERRA.

Compressed data is stored in 512-byte records by using a special direct access set of routines (DKIO) developed by the Canada Centre for Remote Sensing (EMR) (Princz, 1979). These routines permit fast, direct access to any record and avoid the large additional storage requirements of Digital's Fortran. The lookup table that points to the appropriate set of records for a given column's data is also stored by program READ, on the same disk.

Program to extract labelled contours

Program TERRA enables an operator to display and magnify a block of map data, to edit touching or broken contours, to label each contour with an elevation, to extract automatically each contour polygon, and to determine the relative block coordinates of any set of control points for establishing a Universal Transverse Mercator (UTM) grid. Upon execution of TERRA, the operator is asked to enter the row and column of the block of interest. TERRA, using the DKIO routines, extracts

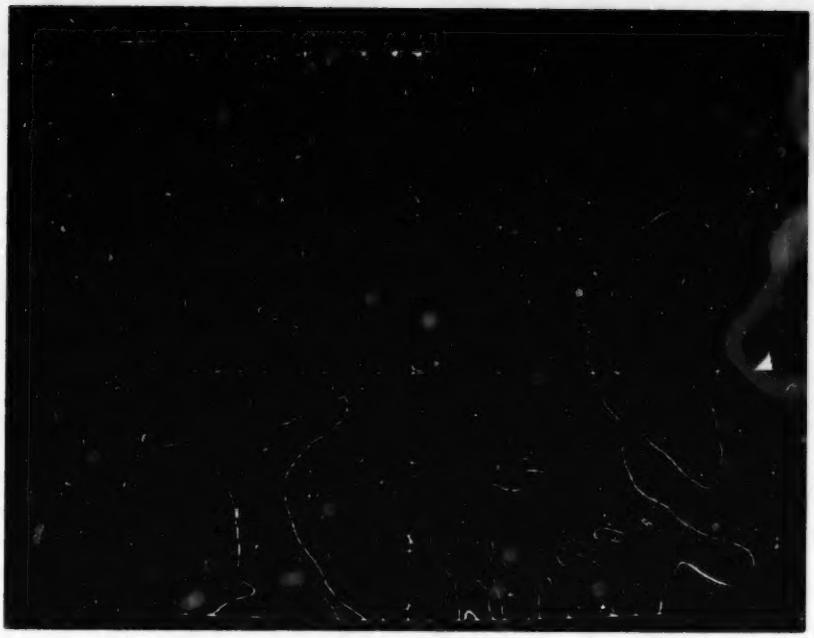


Figure 2. A map block ready for the contour labelling process

the appropriate map byte-column data from the disk and stores only the data in that block in the computer's internal memory. Here, the data compression method identical to the one used to store original map data on the disk is employed. At this time, a modified lookup table is created to permit the location in memory of a specific block column's data.

A typical map block in Eastern Canada contains about 20,000 non-zero bytes; however there is considerable variability depending on the steepness of terrain. The computer code for TERRA and the data storage area require about 100,000 bytes of internal memory. In order to meet this requirement, memory management routines (Roosen 1981) are used to access an additional 48,000 bytes of memory external to that of the program's partition. This additional memory permits the storage of a map block with 24,000 non zero-bytes.

As soon as the block data is loaded into memory, TERRA displays the contours on the Tektronix screen by using the row and column display factor specified by the operator (Fig. 2). To accomplish this, each non-zero byte is decoded into 8 bits and a point is placed on the display screen corresponding to each location of a '1' bit. It requires about 5 min to display all the row and column data; however a user may speed the process by displaying only every nth (n=2 3 4..) row and bit column. Displaying every fifth row and fifth column requires about 1 min and is adequate to visualize most map blocks.

Once the map block is displayed on the screen, TERRA enters its edit mode, in which the operator is asked to enter the task to be performed. The choices include the following:

a. Magnify any subblock section.
b. Add or delete contour points.
c. Label and extract contour

Figure 3. A magnified portion of a map block showing labelled and unlabelled contour segments. The solid line indicates the lines labelled while in the current mode. The series of widely spaced points crossing horizontally near the centre of the picture is a previously labelled line. The two dense sets of points at the bottom of the picture have yet to be labelled

polygons.

d. Obtain block corrdinates for any cursor position.
e. Redisplay the block or magnified section.
f. Terminate.

The magnification option permits the full screen magnification of a 150-row and bit-column area. The operator must position the stick-controlled graphic cursor in the middle of the area to be magnified. In this mode, one can see each individual data point (Fig. 3). Steep terrain contours that touch adjacent contours can be modified by deleting points at the intersection. Broken contours can be joined by adding points. The location of each addition or deletion is controlled by the cursor. When a point is deleted, the edit subroutine changes the appropriate bit from a 1 to a 0. A point is added either by changing the appropriate bit from a 0 to a 1 if the byte corresponding to that row exists or by adding to a separate list the location of the newly activated bit. This approach avoids the need to restructure the original byte-column compressed data.

In the label mode the cursor is positioned anywhere on the contour to be extracted. A three-digit elevation code (elevation divided by 10) is then entered. The program, if a starting location can be found, automatically proceeds to follow the contour until it hits a boundary or closes the contour line. The coded elevation and all block X and Y coordinates of the points encountered on the contour are

stored in a separate disk file. As each point on a contour is identified and its coordinates stored, the corresponding 1 bit is set to 0. At the same time a continuous line is drawn on the screen between the locations of the last point stored and the current point. Thus the operator can watch the progress of the line following (Fig. 3). A bell signals when the trace is completed. At this time, the line may be accepted or rejected. A line is rejected when it crosses to another adjacent line.

The contour line tracing and extraction procedure begins by the computer's searching for a starting point at the cursor location. The starting location will contain either a 1 or a 0. If a 0 exists at this location, the program searches for a 1, first at the 8 surrounding points and second at the next outward layer of 16 points. If no 1 is found, the operator is signalled to try another starting location on the contour line. Tracing of a line begins as soon as the first 1 bit is located. Immediately, the starting bit is set to 0 and another, similar search is made around this point to locate a second neighbouring point on the line. When this point is found, its location is stored and its corresponding bit is set to 0.

All succesive points are found by determining the direction of travel along the line and searching in a fan-shaped pattern orientated in the direction of travel. Travel direction along a line is based on the location of the two previous points. Eight fans corresponding to each travel direction are used to set the search scheme. Priority is given to the points immediately ahead. Figure 4 shows the search order for a line proceeding in the northeast direction. The search order relative to the fan orientation remains the same for other directions. This structured search procedure enables very fast line tracing and prevents U-turns that cause termination of the trace.

Not all points on a line are extracted. The tracing process frequently passes adjacent points that remain unlabelled. Also it is not uncommon for the tracing scheme to circle a thick contour twice. Negligible errors are introduced by both situations because of the fine resolution of the scanner data and the relatively coarse final output requirement.

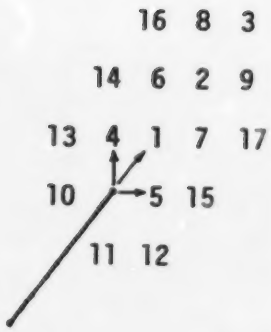


Figure 4. Search order for a line proceeding in the northeast direction

The "redisplay" option permits the operator to display a block or magnified block section showing only the unlabelled contours. Contours already labelled and stored do not appear.

Many experiments were tried using scanner data that had been 'thinned'. Here, an attempt was made to produce lines of only a single point in width (Woetzel 1979). The drawbacks for using this data outweighed the advantages. First, many hours of operator and computer time were required to thin the data for a map. Second, the thinning process introduced many additional line breaks, which caused frustration during the line labelling and extraction phase. Third, thinning did not eliminate touching lines. Last, the nature of the thinned data was such that compression methods required nearly as much storage as that used for unthinned storage.

Program to establish a 50-metre elevation grid

TERRA stores the labelled contour polygons in a file on the disk. Program ELEVATE reads these data and converts each point's block coordinates to UTM values, determines the average elevation of all points within 25 m of every 50-m

UTM grid point, displays the UTM-adjusted 50-m grid contours, interpolates elevations for those grid points not associated with one or more contours, and stores the final UTM-corrected 50 m grid on the disk.

It is impossible to exactly align a map on the drum scanner so that the scanned columns are parallel with the UTM grid. Initially, the edges of the original map template are cut parallel to the UTM grid lines in order to reduce the amount of misalignment in the digitized map. A final alignment is made by adjusting every point in every contour polygon to ensure that each point will be associated with the correct 50-m grid point. This is a two-step process. First, control points whose UTM coordinates are accurately known are identified on the original map. Second, using a cursor-controlled special option available in TERRA, the block coordinates of these points are established. ELEVATE asks the operator to enter from three to eight such control points and then calculates rotation coefficients that enable any block coordinates to be converted to UTM coordinates (Steward and Comeau 1974). ELEVATE then proceeds to read and convert to the UTM coordinates all points on each contour polygon and associates each point with its nearest 50-m UTM grid point. During this process, the average elevation of all points nearest each grid point is determined. At this time, ELEVATE displays the 50-m grid version of the original map block, on which points on each contour polygon are associated with their nearest 50-m grid point.

The interpolation section of ELEVATE requires the operator to enter the elevations of the four corner points of the map block. The second step involves the linear interpolation of 50-m elevations around the edges of the map. Elevations of the four corner points and those of the contours touching or crossing these edges are used in this calculation.

The last step uses a flat-surface interpolation to establish the elevations of the remaining unlabelled grid points (Travis et al. 1973). The iterative process begins at the second row from the bottom and the second column and proceeds vertically upward until all elevations on the column have been established. For the next vertically upward unlabelled grid point in the column, the elevations of the two adjacent points located above and to the left are used as two corner points of a triangular flat surface or plane on which the elevation of the point of interest will be interpolated (Fig. 5). For each such pair, a diagonally outward scan is

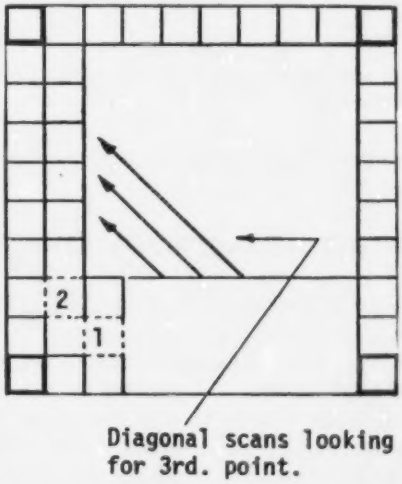


Figure 5. Elevation interpolation procedure

conducted to locate the nearest existing internal elevation point. This point is used as the third point to establish the geometry of the elevation plane, thus completing the information required for the interpolation. The process is repeated down each column until the right edge is reached, which completes the elevation grid. ELEVATE stores these four-digit elevations in a separate file on the disk.

CALCULATION OF SLOPES AND ASPECTS

In the forest fire applications, slope information rather than elevations is often needed. Subroutine SLOPE uses the gridded elevation data to produce north-south and east-west component slopes, as well as slopes and aspects for each internal point in the elevation grid (Sharpnack

and Akin 1969). The slope components are computed from the elevations of the eight surrounding points.

Location of adjacent elevation points.

Z(1) Z(2) Z(3)

Z(4) Z(5) Z(6)

Z(7) Z(8) Z(9)

Z(i) is the elevation at the ith grid point and point 5 is the point of interest.

The northern and eastern slope components (B1 and B2) are

B1=(Z(1)+Z(2)+Z(3)-Z(7)-Z(8)-Z(9))/6a

B2=(Z(3)+Z(6)+Z(9)-Z(1)-Z(4)-Z(7))/6a

where 'a' is the distance between uniformly spaced grid points. The slope in the north-south direction is 1/B1 and the slope in the east-west direction is 1/B2. The steepest slope is (B1**2+B2**2)**0.5, and the aspect for the quadrant is ARCTAN (B2/B1).

DISCUSSION

The forest fire management project of the Petawawa National Forestry Institute is assembling a large database containing fuel and terrain data covering 50 map sheets (1:50000) in southwestern Quebec. The programs described in this paper are currently being used to provide the elevation data for this database. Experience to date has indicated that a typical map block can be labelled in 20 min, the control points can be obtained in another 10 min, and the interpolation and data file manipulation process can be completed in about 10 min. It requires about 1 hour to read and locate the map on the original scanner data tape. A map can be completed in 4 to 5 person-days of work. With labour charges of $5 per hour and a multiple-user environment mini-computer rate of $50 per hour of processor use the cost per map is about $750 which represents a considerable savings compared to present alternatives.

The accuracy of the original map is preserved through the scanning, labelling and alignment processes. The assumption that a flat-surface exists between contours clearly introduces elevation errors, however when one considers that the contour elevation errors of the original map can easily equal the contour interval this error is probably not significant.

A major drawback of program TERRA is the amount of internal memory that is required to run the program. This memory requirement reduces the time-sharing, multiuser capability of a mini-computer. The next generation of 32-bit mini-computers has larger internal storage and faster computation capability, which will solve many of the problems associated with the existing set of programs. Larger block sizes, faster contour tracing, fewer control points, and fewer file management duties should speed up the process of producing a digital terrain map. In the meantime, the existing programs enable one to obtain relatively low-cost maps that previously were not economical to produce.

REFERENCES

Princz, G. 1979. UNIDISK-11 File format specifications DPD technical memo 79-094A, Canada Center for Remote Sensing.

Roosen, B. 1981. Memory management users guide. Unpubl. Rep., Petawawa Nat. For. Inst., Can. For. Serv.

Sharpnack, D.A., and G.A. Akin. 1969. An algorithm for computing slope and aspect from elevations. J. of Photog. Eng., March.

Steward, K.W., and M.A. Comeau. 1974. Stream programmer's manual. Inland Waters Directorate, Environment Canada.

Travis, M., G. Elsner, and P.H. Kourtz. 1973. A computer software package to

convert digitized geographic boundary and contour data to a uniform grid structure. Inf. Rep. FF-X-44, For. Fire Res. Inst., Can. For. Serv.

Woetzel, Gerd. 1979. A fast and economic scan-to-line conversion algorithm. Ges Math. Datenverarb. D-5205, St. Augustin 1, West Germany.

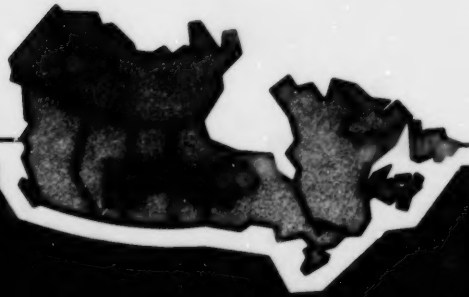
Environnement Canada
Service canadien des forêts

Environment Canada
Canadian Forestry Service

Obtention de cotes altimétriques carroyées à partir de cartes en courbes de niveau au moyen d'un mini-ordinateur

P.H. Kourtz

Rapport d'information PI-X-18
Institut forestier national de Pe



Environment Canada Environnement Canada
0050273K DEST PVR EXCH
SD 391 I5614
VOL ISS 18
RAPPORT D'INFORMATION PI-X- (INSTIT
UT FORESTIER NATIONAL DE PETAWAWA)

L'INSTITUT FORESTIER NATIONAL DE PETAWAWA

L'Institut forestier national de Petawawa a été formé le 1er avril 1979 par la fusion de la Forêt expérimentale de Petawawa, qui existait depuis plus de 60 ans, et des Instituts d'aménagement forestier et de recherche sur les feux de forêt, installés tous deux à Ottawa.

L'Institut partage avec le reste du Service canadien des forets l'objectif d'améliorer la gestion et l'exploitation des ressources forestières canadiennes pour les bénéfice, économique et social, de tous les Canadiens. En tant qu'institut national, il met l'accent sur les recherches d'intérêt suprarégional ou demandant des compétences spéciales ou un matériel dispendieux non à la portée des établissements régionaux du SCF. Ces recherches sont souvent effectuées en collaboration étroite avec le personnel des centre régionaux et des services provinciaux des forêts.

Elles se répartissent en deux grands domaines:

INCENDIES DE FORÊT ET TÉLÉDÉTECTION. Chaque année, le feu détruit une superficie importante de la forêt productive canadienne. Les recherches portent surtout sur le comportement des incendies, l'élaboration de nouvelles méthodes de lutte, l'évaluation de matériel d'extinction et de retardateurs, et la mise au point de systèmes informatisés de défense contre les incendies, qui trouvent rapidement des applications dans les services d'incendies dans tout le pays. Les conséquences environnementales et économiques des feux de forêt et l'utilisation de feu comme technique sylvicole en foresterie intensive sont également étudiées.

En télédétection, on s'intéresse à l'application des procédés modernes de télédétection spatiale et aérienne aux problèmes forestiers. À cet égard, le système ARIES d'analyse des images numériques se révèle extrêmement précieux.

GESTION INTENSIVE DES FORÊTS. Au fur et à mesure de l'intensification de la gestion des forêts canadiennes pour répondre à la hausse prévue de la demande, les recherches dans ce domaine prendront de plus en plus d'importance. Un approvisionnement sûr en graines de haute qualité des essences voulues sera nécessaire pour une vaste entreprise de reboisement. Des recherches en génétique pour l'amélioration des arbres sont hautement souhaitables. Il faudra examiner attentivement les incidences environnementales de l'utilisation accrue de toute la partie aérienne de l'arbre, ou de la biomasse, ainsi que d'autres formes de gestion intensive. Les méthodes biotechnologiques permettant d'améliorer le rendement tout en maintenant la productivité sont étudiées.

L'Institut dispose pour ses recherches d'un terrain forestier de 98 km^2 se trouvant dans la partie nord de la réserve militaire de Petawawa. Les registres des expériences et des placettes d'échantillonnage sont conservés depuis les années 20. La forêt sert également de laboratoire pour les étudiants des écoles locales, et un centre pour les visiteurs y est ouvert pendant l'été.

OBTENTION DE COTES ALTIMÉTRIQUES CARROYÉES À PARTIR DE CARTES EN COURBES DE NIVEAU AU MOYEN D'UN MINI-ORDINATEUR

Rapport d'information PI-X-18F

P.H. Kourtz

Institut forestier national de Petawawa
Service canadien des forêts
Ministère de l'Environnement
1983

©Ministère des Approvisionnements et Services du Canada, 1983
N° de catalogue Fo46-11/18-1983F
ISSN 0228-0736
ISBN 0-662-92033-3

On peut obtenir des exemplaires supplémentaires de la présente publication auprès du

Centre de distribution et d'information technique
Institut forestier national de Petawawa
Environnement Canada
Chalk River (Ontario)
K0J 1J0

Tél.: 613 589-2880

This publication is also available in English under the title Mini-computer Production of Gridded Elevation Data from Contour Maps.

Table des matières

1 Résumé/Abstract

1 Introduction

3 Extraction des cotes altimétriques

3 Programme de lecture des bandes
4 Programme d'extraction des niveaux cotés
7 Programme pour carroyer des cotes espacées de 50 m

8 Calcul des pentes et de l'exposition

8 Discussion

9 Références

Figures

2 1. Partie de carte originale et gabarit correspondant de courbes de niveau
5 2. Bloc cartographique prêt à coter
6 3. Partie agrandie d'un bloc montrant les segments cotés et non cotés de courbes de niveau. Le trait plein dénote les courbes qui font actuellement l'objet d'une attribution de cotes. Les points très espacés orientés horizontalement près du centre de l'image représentent une courbe déjà cotée. Les deux ensembles de points au bas de l'image restent à coter.
7 4. Ordre de la recherche d'une ligne dans le sens nord-est
8 5. Interpolation des altitudes

OBTENTION DE COTES ALTIMÉTRIQUES CARROYÉES À PARTIR DE CARTES EN COURBES DE NIVEAU AU MOYEN D'UN MINI-ORDINATEUR

Résumé

Ce rapport décrit une solution de rechange économique pour calculer des cotes altimétriques carroyées en évitant le traçage manuel et coûteux de chaque courbe de niveau au moyen d'un numérisateur. Au lieu de cela, on utilise un densitomètre à balayage pouvant lire automatiquement des gabarits qui ne portent que des courbes en noir sur fond transparent. Ces gabarits, employés dans l'impression de cartes géographiques, sont disponibles pour chaque coupure de carte et coûtent environ 35 $. Les données binaires du lecteur sont affichées en infographie, puis l'opérateur attribue une altitude à chaque courbe de niveau. Une fois la courbe ainsi "cotée", le logiciel extrait automatiquement son polygone. Un autre logiciel produit un carroyage de cotes altimétriques interpolées à partir desquelles on peut calculer les pentes et les expositions.

Abstract

This report describes an inexpensive alternative for producing gridded elevation data that avoids the costly process of manually tracing each contour with a digitizer. Instead, a scanning densitometer is used to automatically scan contour templates containing only black contour lines on a transparent background. These templates, used in the map printing process, are available for every mapsheet at a cost of about $35. The binary output from the scanner is displayed on a computer graphics display, where an operator assigns an elevation to each contour. Once a contour has been labelled, the program automatically extracts the associated contour polygon. A separate program produces a grid of interpolated elevation points from which slopes and aspects can be computed.

INTRODUCTION

Dans l'avenir, pour maîtriser les feux de forêt, il faudra s'appuyer sur des bases de données géographiques concernant le type de combustible forestier, le terrain et les antécédents culturaux. Ces renseignements devront être mémorisés selon une structure qui permettra d'accéder rapidement par ordinateur soit à des points géographiques précis, soit à des superficies rectangulaires. Les données seront mémorisées sous forme étagée, point à point, chacun représentant une aire géographique précise (p. ex., 50 m) et chaque étage représentera un champ de données tel que la couverture forestière ou les cotes altimétriques. Cette méthode de mémorisation prévaudra sur le stockage polygonal en raison de la forte variabilité géographique des données, de sa rapidité de recouvrement et d'accès, de la modicité relative des mémoires modernes de masse, et de la puissance de calcul qu'exige actuellement la manipulation des polygones mais que n'offrent pas les mini-ordinateurs. Ces données permettront la modélisation de la croissance des incendies, de la construction des lignes d'arrêt et la prise de décisions concernant la riposte initiale.

Par le passé, au Canada, les cotes ont été carroyées par numéralisation manuelle des cartes en courbes de niveau et par conversion des polygones cotés ainsi obtenus en tableaux de cotes (Travis et coll., 1973). Le prix de revient de ce travail dépassait plusieurs milliers de dollars par feuille à l'échelle de 1/50 000,

P.H. Kourtz est chercheur à l'Institut forestier national de Petawawa.

Publication approuvée en mai 1982.

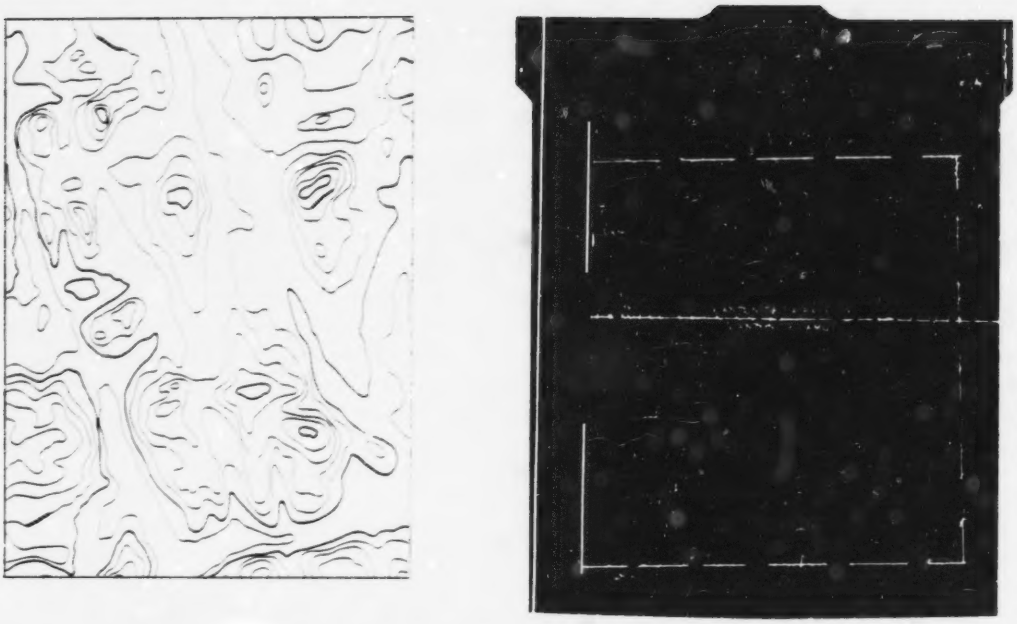


Figure 1. Partie de carte originale et gabarit correspondant de courbes de niveau

ou environ 1 $/50 ha, ce qui est trop élevé pour utiliser dans la lutte contre les incendies de forêt.

Une solution de rechange modique a été trouvée. Au lieu de tracer manuellement chaque courbe de niveau au moyen d'un convertisseur analogique/numérique, on utilise un densitomètre à balayage pour lire automatiquement des gabarits de courbes de niveau. Cette lecture produit des données en binaire, une succession de 0 et de 1, chacun de ces derniers représentant un élément de courbe de niveau. Les données sont mémorisées sur bande magnétique, transférées dans un mini-ordinateur et visualisées sur un terminal graphique où l'opérateur attribue une cote à chaque courbe de niveau. Le programme extrait ensuite automatiquement le polygone. Quand toutes les courbes de niveau ont été cotées et extraites, un quadrillage des cotes altimétriques interpolées est produit.

La Direction générale des terres d'Environnement Canada utilise un lecteur à tambour pour réduire les gabarits en séquences binaires. Chaque gabarit, que ne porte que des lignes noires sur fond transparent (fig. 1), correspond à une feuille à 1/50 000 qui représente une superficie de 30 mn de côté, en latitude et en longitude. Utilisés pour l'impression cartographique, ces gabarits peuvent être obtenus de la Direction des levés et de la cartographie du ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources (EMR), pour toute feuille cartographique, au coût d'environ 35 $. La résolution du lecteur est d'environ 100 points au cm, ce qui se traduit par une résolution au sol d'environ 5 m au point. Cette résolution est telle qu'une courbe typique de niveau possède une largeur de plusieurs points.

Le lecteur fonctionne en balayage vertical. Le gabarit est disposé sur le lecteur de façon que le balayage de la carte se fait dans le sens nord-sud. Chaque colonne balayée a 8 éléments de résolution en largeur et pour chacune de ses rangées, on mémorise sur bande un

octet. L'unité de résolution ou bit égale à 1 si l'élément de colonne balayé contient un segment de courbe de niveau; dans le cas contraire, elle égale 0. Le balayage typique d'une feuille cartographique se fait en 1000 colonnes de 5500 octets.

Le balayage prend environ 10 mn et coûte environ 20 $. Les données lues sont stockées sur bande magnétique, selon une structure lisible par la plupart des mini-ordinateurs. Pour une feuille ordinaire qui représente une région de l'est du Canada, la bande renfermera 44 millions de nombres binaires.

EXTRACTION DES COTES ALTIMÉTRIQUES

Trois programmes permettent d'obtenir un quadrillage de cotes altimétriques à partir de ces données binaires. Ils sont rédigés en Fortran 77 sur un mini-ordinateur à 16 bits Digital PDP-11 et sont conçus pour lire et condenser les données binaires du balayage, pour visualiser, coter et extraire les polygones des courbes de niveau, pour produire un quadrillage uniforme de cotes altimétriques distantes de 50 m et pour déterminer la pente et l'exposition de tous les points du quadrillage.

Programme de lecture des bandes

La résolution finale au sol retenue pour la base de données est de 50 m; celle du balayage correspond à environ 5 m. L'expérimentation de différents degrés de réduction des données a montré que la suppression systématique de rangées et de colonnes de bits se traduisait par une augmentation très marquée du nombre de courbes de niveau qui se touchaient. Comme la méthode d'extraction automatique des courbes de niveau repose sur la présence d'un zéro entre les courbes de niveau en cours de traçage et les courbes adjacentes, le nombre de corrections manuelles nécessaires augmente vertigineusement en fonction de celui des colonnes et des rangées supprimées. Des expériences minutées ont montré qu'il est beaucoup mieux d'extraire les courbes de niveau à pleine résolution plutôt que de gaspiller du temps d'opérateur à corriger les lignes qui se touchent.

Beaucoup de modalités de condensation des données dans les mémoires à disque ont été essayées. La meilleure, pour ce qui est de l'économie de l'espace de mémoire et de la facilité de décodage par ordinateur, consiste à mémoriser les données d'une carte sous forme de deux vecteurs très longs constitués d'une série d'articles de 512 multiplets. Le premier vecteur contient les distances, dans le sens des rangées, entre les multiplets non nuls. Comme une seul multiplet est réservé pour chacune de ces distances, la distance maximale permise est de 128. Le second vecteur contient les multiplets non nuls initiaux correspondants. Si 128 rangées sont balayées sans qu'on y trouve un multiplet non nul, un 0 est placé dans le multiplet correspondant du second vecteur. Dans un tableau séparé, on dispose le numéro initial de l'article de 512 mulitplets de chaque colonne de multiplets ainsi que sa position dans l'article. Ainsi, on peut comprimer en moins de 1 million de multiplets une carte qui au départ renferme 44 millions de bits.

Un terminal graphique Tektronix 4014 sert à visualiser la carte en courbes de niveau. La visualisation mesure 28 cm de hauteur sur 35 cm de largeur et sa résolution graphique est de 1024 colonnes sur 780 rangées. Afin de visualiser la résolution complète de la carte et de réduire l'encombrement en mémoire interne, la carte est découpée en blocs contenant 978 rangées et colonnes de bits. Ceci correspond à un carré de 5 km (ou de 100 unités de 50 m au sol) de côté. Chaque carte est ainsi constituée d'environ 48 de ces blocs. Le programme permettant de coter et d'extraire les courbes de niveau (TERRA) et d'interpoler les cotes (ELEVATE) est appliqué chaque fois à un seul de ces blocs.

Le programme READ sert à lire les données initiales du balayage, à les condenser et à les mémoriser sur disque. Lors du balayage, une somme considérable de données est acquise à l'extérieur des limites de la carte réelle. Le programme READ permet à l'utilisateur de délimiter les bornes rectangulaires d'une superficie à mémoriser, ce qui permet d'économiser

la capacité de mémoire. La localisation réelle de la carte parmi les données se fait de façon empirique, au moyen de la fonction de visualisation du programme TERRA.

Les données condensées sont mémorisées dans des articles à 512 multiplets au moyen d'un ensemble de sous-programmes spéciaux à accès direct (DKIO) mis au point par le Centre canadien de télédétection (EMR) (Princz, 1979). Ces sous-programmes permettent l'accès rapide et direct à tout article et permettent d'éviter l'important encombrement supplémentaire de mémoire du Fortran de Digital. La table qui renvoie à l'ensemble approprié d'articles pour les données d'une colonne particulière est aussi mémorisée par le programme READ, sur le même disque.

Programme d'extraction des niveaux cotés

Le programme TERRA permet de visualiser et d'agrandir un bloc de données cartographiques, de corriger les courbes qui se touchent ou qui sont interrompues, d'attribuer une cote altimétrique à chaque courbe, d'extraire automatiquement chaque polygone de courbes de niveau et de déterminer les coordonnées relatives de tout ensemble de points directeurs du bloc afin d'établir un quadrillage UTM. Lors de son exécution, il est demandé à l'opérateur d'introduire la rangée et la colonne du bloc à traiter. Grâce aux sous-programmes DKIO, le programme TERRA extrait du disque les données cartographiques appropriées des colonnes de multiplets et ne mémorise que celles du bloc dans la mémoire interne de l'ordinateur. Ici, la méthode de condensation des données est identique à celle qui sert à mémoriser les données cartographiques initiales sur disque. Une table modifiée à consulter est alors créée pour localiser en mémoire les données de colonne d'un bloc précis.

Pour la représentation cartographique d'une région de l'est du Canada, un bloc cartographique typique contient environ 20 000 multiplets non nuls; toutefois, ce chiffre peut varier considérablement selon la pente du terrain. Le code machine du programme TERRA et l'espace de mémoire exigent environ 100 000 multiplets de mémoire interne. Afin de satisfaire à cette demande d'espace, des sous-programmes de gestion des mémoires (Roosen, 1981) servent à accéder à 48 000 multiplets de plus de mémoire externe à celle qui est attribuée à la segmentation du programme. Cet espace de mémoire supplémentaire permet de stocker un bloc cartographique contenant 24 000 multiplets non nuls.

Dès que les données du bloc sont mémorisées, le programme TERRA visualise les courbes de niveau sur l'écran Tektronix au moyen du facteur de visualisation des rangées et colonnes précisé par l'opérateur (fig. 2). À cette fin, chaque multiplet non nul est décodé en octet et un point correspondant à chaque emplacement d'un bit égal à 1 est visualisé sur l'écran. La visualisation complète de toutes les données des rangées et colonnes prend environ 5 min; toutefois, on peut accélérer le processus en ne faisant visualiser qu'une seule rangée et colonne de bits sur n (n=2,3,4...). La visualisation de toutes les cinquièmes rangées et cinquièmes colonnes prend environ 1 min et permet de visualiser la plupart des blocs cartographiques.

Lorsque la bloc est visualisé, le programme TERRA passe en mode de correction, par lequel il est demandé à l'utilisateur de préciser la tâche à effectuer, qui peut être l'une des suivantes:

a. Agrandir toute partie du bloc.
b. Ajouter ou supprimer des points de courbes de niveau.
c. Coter et extraire des polygones de niveau.
d. Obtenir les coordonnées de bloc pour toute position du curseur.
e. Revisualiser le bloc ou la partie agrandie.
f. Mettre fin au programme.

La tâche agrandissement permet d'agrandir aux dimensions de l'écran une superficie correspondant à 150 rangées et colonnes de bits. L'opérateur doit positionner le curseur graphique commandé par manche à balai au centre

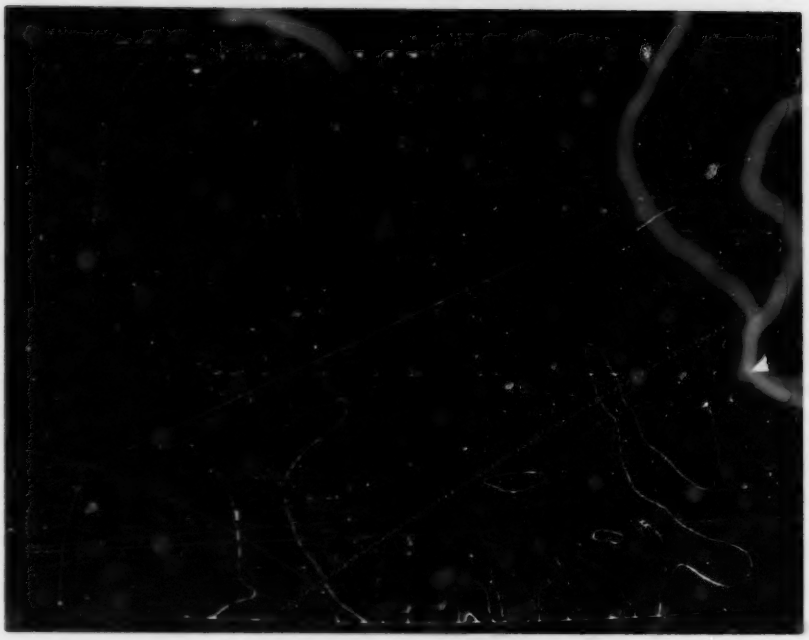


Figure 2. Bloc cartographique prêt à coter

de la superficie à agrandir. On peut alors voir chaque point de données (fig. 3). Les courbes de niveau en terrain abrupt qui touchent des courbes adjacentes peuvent être modifiées par suppression des points aux intersections. Les courbes interrompues peuvent être complétées par l'ajout de points. L'emplacement de chaque ajout ou suppression est commandé par le curseur. Lorsqu'un point est supprimé, le sous-programme de correction modifie le bit approprié en l'égalant à 0. On ajoute un point soit en modifiant le bit approprié, c'est-à-dire à l'égalant à 1 si le multiplet correspondant à cette rangée existe ou en versant dans une liste distincte l'emplacement du nouveau bit créé. On évite ainsi de réagencer les données initiales condensées en colonnes de multiplets.

Pour l'attribution de cotes altimétriques, le curseur est positionné en un endroit quelconque de la courbe de niveau à extraire. Un code altimétrique à trois chiffres (cote altimétrique divisée par 10) est alors introduit. Si l'emplacement de départ est trouvé, le programme suit automatiquement la courbe jusqu'à ce qu'il se heurte à une limite ou ferme la courbe de niveau. L'altitude codée et toutes les coordonnées x et y des points du bloc rencontrés le long de la courbe de niveau sont mémorisées dans un fichier sur disque distinct. À mesure que chaque point d'une courbe de niveau est identifié et que ses coordonnées sont mémorisées, le bit 1 correspondant est réglé à 0. En même temps, une ligne continue est dessinée sur l'écran entre les emplacements du dernier point mémorisé et du point où on se trouve. Ainsi, l'opérateur peut surveiller le tracé de la ligne (fig. 3). À la fin du traçage, on entend une sonnerie. On peut alors accepter ou rejeter la ligne. On la rejette si elle traverse une autre ligne contiguë.

Le traçage et l'extraction des

Figure 3. Partie agrandie d'un bloc montrant les segments cotés et non cotés de courbes de niveau. Le trait plein dénote les courbes qui font actuellement l'objet d'une attribution de cotes. Les points très espacés orientés horizontalement près du centre de l'image représentent une courbe déjà cotée. Les deux ensembles de points au bas de l'image restent à coter

courbes de niveau commencent par la recherche par l'ordinateur d'un point de départ, à l'emplacement du curseur. Ce dernier est soit un 1 ou un 0. Si c'est un 0, le programme cherche un 1, d'abord parmi les 8 points orthogonaux qui l'entourent, puis parmi les 16 points orthogonaux qui entourent ces derniers. Si aucun 1 n'est trouvé, il est demandé à l'opérateur d'essayer un autre point de départ sur la courbe de niveau. Le tracé de la ligne débute dès que le premier 1 est repéré. Dès lors, le bit de départ est mis égal à 0 et une autre recherche similaire est faite autour de ce point afin de localiser un second point voisin sur la ligne. Lorsque ce point est repéré, son emplacement est mis en mémoire et le bit qui y correspond est mis égal à 0.

Tous les points ultérieurs sont repérés par détermination de la direction de déplacement le long de la ligne et recherche dans un secteur en forme d'éventail orienté dans la direction du déplacement. Cette direction se fonde sur l'emplacement des deux points antérieurs. Huit secteurs correspondant à chaque direction de déplacement sont utilisés pour mettre en branle la recherche. La priorité est donnée au point immédiatement en avant. La figure 4 montre l'ordre de recherche d'une ligne dans le sens nord-est. L'ordre de la recherche par rapport à l'orientation du secteur en éventail reste le même pour les autres directions. Cette recherche méthodique permet de tracer rapidement une courbe et empêche les virages en U qui mettent fin au tracé.

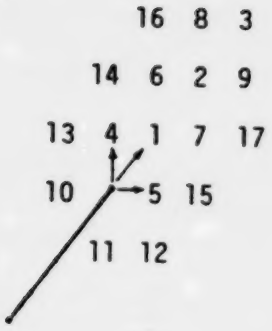


Figure 4. Ordre de la recherche d'une ligne dans le sens nord-est

Ce ne sont pas tous les points d'une courbe qui sont extraits. Le traçage néglige fréquemment des points adjacents qui restent non cotés. De plus, il n'est pas rare que le traçage fasse deux fois le tour d'une courbe épaisse. Dans les deux cas, les erreurs introduites sont négligeables à cause de la fine résolution des données de lecture et du degré relativement brut exigé pour les résultats.

Un rappel permet à l'opérateur de visualiser pour un bloc ou une partie agrandie de ce dernier les courbes non cotées seulement. Les courbes déjà cotées et mémorisées n'y paraissent pas.

On a beaucoup expérimenté sur l'élagage des données de balayage, pour obtenir des courbes d'un seul point de largeur (Woetzel, 1979). Les inconvénients étaient plus nombreux que les avantages. D'abord, il fallait beaucoup d'heures de temps-machine et de temps d'opérateur pour élaguer les données d'une carte. Deuxièmement, l'élagage introduisait beaucoup d'interruptions dans les courbes, ce qui entravait énormément l'attribution de cotes aux courbes et leur extraction. Troisièmement, il subsistait des lignes qui se touchaient. Enfin, la condensation des données élaguées prenait presque autant de memoire que celle des données non élaguées.

Programme pour carroyer des cotes espacées de 50 m

Le programme TERRA emmagasine les polygones cotés dans un fichier de disque. Le programme ELEVATE lit ces données et transforme les coordonnées de bloc de chaque point en coordonnées UTM, détermine l'altitude moyenne de tous les points à 25 m près pour chaque point UTM espacé de 50 m, visualise les courbes de niveau ramenées aux coordonnées UTM, interpole l'altitude des points non associés à une ou à plusieurs courbes de niveau et mémorise le carroyage ainsi corrigé sur disque.

Il est impossible d'aligner exactement une carte sur le lecteur à tambour de sorte que les colonnes lues seront parallèles au quadrillage UTM. Au début, les bords du gabarit initial sont coupés parallèlement aux traits du quadrillage UTM afin de réduire les écarts d'alignement sur la carte numéralisée. Un dernier alignement est réalisé en ajustant chaque point de chaque polygone de niveau de façon qu'il sera associé avec le bon point du quadrillage à espacement de 50 m. Ce travail se fait en deux étapes. D'abord, des points directeurs dont les coordonnées UTM sont exactement connues sont déterminés sur la carte initiale. Ensuite, à l'aide d'une option spéciale commandée par le curseur et exécutable grâce au programme TERRA, les coordonnées de bloc de ces points sont établies. Le programme ELEVATE demande à l'opérateur d'entrer de 3 à 8 de ces points directeurs puis calcule les coefficients de rotation qui permettent de transformer les coordonnées de bloc en coordonnées UTM (Steward et Comeau, 1974). Ce programme lit ensuite tous les points de chaque polygone de niveau et les convertit en coordonnées UTM et fait correspondre chaque point avec le point le plus rapproché au quadrillage UTM à espacement de 50 m. Au cours de ce travail, la cote moyenne de tous les points les plus rapprochés de chaque point du quadrillage est déterminée. Le programme ELEVATE visualise alors le quadrillage à espacement de 50 m du bloc de la carte initiale, sur

laquelle les points de chaque polygone de niveau sont associés au point du quadrillage à espacement de 50 m le plus rapproché.

La fonction interpolation du programme ELEVATE demande à l'opérateur d'introduire l'altitude des points des quatre coins du bloc. La deuxième étape consiste en l'interpolation linéaire des altitudes à équidistance de 50 m le long de la bordure de la carte. Les altitudes des quatre points du coin et des points des courbes de niveau qui touchent ou qui traversent les bords servent à ce calcul.

La dernière étape etablit sur d'établir une surface plane la cote des points non cotés résiduels (Travis et coll., 1973). L'itération commence à la deuxième rangée du bas et à la deuxième colonne et s'engage verticalement vers le haut jusqu'à ce que toutes les altitudes de la colonne ont été établies. Pour le point non coté de la colonne qui suit verticalement par le haut, l'altitude des deux points adjacents situés au-dessus et à gauche sert de sommet d'un triangle plat d'où l'altitude du point d'intérêt sera interpolée (fig. 5). Pour chacune de ces paires, un balayage diagonal vers l'extérieur sert à localiser la cote altimétrique interne existante la plus rapprochée. Ce point sert de troisième point pour déterminer la géométrie du plan altimétrique, ce qui complète l'information nécessaire à l'interpolation. Le processus est répété à partir du bas de chaque colonne jusqu'à ce que la bordure droite soit atteinte, ce qui complète le quadrillage altimétrique. Le programme ELEVATE mémorise ces cotes à quatre chiffres sur un fichier distinct du disque.

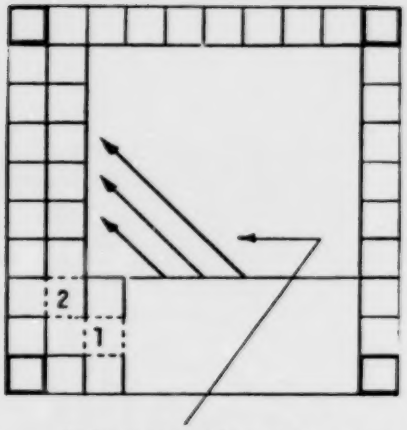


Figure 5. Interpolation des altitudes

CALCULS DES PENTES ET DE L'EXPOSITION

Aux fins de la lutte contre les incendies de forêt, on a souvent besoin de renseignements sur les pentes plutôt que sur l'altitude. Le sous-programme SLOPE tire des données altimétriques carroyées les composantes nord-sud et est-ouest des pentes, ainsi que la valeur de la pente et l'exposition de chaque point interne du quadrillage altimétrique (Sharpnack et Akin, 1969). Les composantes de la pente sont calculées à partir des 8 cotes altimétriques orthogonales.

Emplacement des cotes altimétriques orthogonales.

Z(1) Z(2) Z(3)

Z(4) Z(5) Z(6)

Z(7) Z(8) Z(9)

Z(i) est l'altitude de l'ième point du quadrillage et le point 5 est le point d'intérêt.

Les composantes nord et est de la pente (B1 et B2) sont

B1=(Z(1)+Z(2)+Z(3)-Z(7)-Z(8)-Z(9))/6a
B2=(Z(3)+Z(6)+Z(9)-Z(1)-Z(4)-Z(7))/6a

où "a" est la distance entre des points uniformément espacés du quadrillage. La pente dans la direction nord-sud est égale à 1/B1 et la pente dans la direction est-ouest a 1/B2. La pente la plus raide est (B1**2+B2**2)**0,5, et l'exposition du quadrant est ARCTAN (B2/B1).

DISCUSSION

En vertu du projet de lutte contre les

incendies de forêt de l'Institut forestier national de Petawawa, on constitue actuellement une vaste base de données concernant le terrain et le combustible pour 50 feuilles cartographiques (à 1/50 000) représentant le sud-ouest du Québec. Les programmes que j'ai décrits sont actuellement utilisés pour obtenir les données altimétriques qui seront incluses dans cette base de données. Jusqu'ici, l'expérience nous renseigne qu'un bloc cartographique typique peut être coté en 20 min, les points directeurs peuvent être obtenus en 10 autres min et l'interpolation et la manipulation des fichiers de données peut se faire en environ 10 min. Il faut environ 1 heure pour lire et localiser la carte sur la bande originale de données de lecture par balayage. Une carte peut être réalisée en 4 ou 5 journées-personnes de travail. Avec des frais de main-d'oeuvre de 5 $/h et des frais d'utilisation d'un mini-ordinateur à utilisateurs multiples qui s'élèvent à 50 $/h de traitement, le coût de chaque carte est d'environ 750 $, ce qui représente une économie considérable comparativement aux méthodes actuelles.

L'exactitude de la carte initiale est préservée pendant le balayage, l'attribution de cotes et l'alignement. L'hypothèse de l'existence d'une surface plane entre les courbes de niveau introduit évidemment des erreurs dans l'altitude; toutefois lorsqu'on considère que les erreurs d'élévation des courbes de niveau de la carte initiale peuvent facilement égaler l'équidistance entre les courbes, cette erreur n'est probablement pas significative.

Un inconvénient majeur du programme TERRA est l'encombrement de mémoire interne nécessaire à son exécution. Cet encombrement réduit, pour de nombreux utilisateurs, la possibilité d'utiliser un mini-ordinateur en partage de temps. La génération montante de mini-ordinateurs à 32 bits possède une mémoire interne plus grande et une puissance de calcul plus rapide, ce qui permettra de résoudre beaucoup d'inconvénients des programmes actuels. L'utilisation de blocs plus vastes, le traçage plus rapide des courbes de niveau, un nombre moindre de points directeurs et une gestion moins fastidieuse des fichiers pourrait accélérer la production d'une carte numérisée. Entretemps, les programmes actuels nous permettent d'obtenir des cartes relativement modiques qu'il était jusqu'ici impossible de produire.

RÉFÉRENCES

Princz, G. 1979. UNIDISK-11 File format specifications DPD technical memo 79-094A, Canada Center for Remote Sensing.

Roosen, B. 1981. Memory management users' guide. Unpubl. rep., Environ. Can., Can. For. Serv., Petawawa Nat. For. Inst.

Sharpnack, D.A.; Akin, G.A. 1969. An algorithm for computing slope and aspect from elevations. J. of Photog. Eng., March.

Steward, K.W.; Comeau, M.A. 1974. Stream programmer's manual. Inland Waters Directorate, Environment Canada.

Travis, M.; Elsner, G.; Kourtz, P.H. 1973. A computer software package to convert digitized geographic boundary and contour data to a uniform grid structure. Environ. Can., Can. For. Serv., Forest Fire Res. Inst. Inf. Rep. FF-X-44.

Woetzel, G. 1979. A fast and economic scan-to-line conversion algorithm. Ges Math. Datenverarb. D-5205, St. Augustin 1, West Germany.

POOR

QUALITY

ORIGINAL